

TITLE OF THE INVENTION

2次元光走査装置及び映像表示装置

This application claims benefit of Japanese Application(s) No. 2002-220806 filed in Japan on 7.30.2002, the contents of which are incorporated by this reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

本発明は、画像を生成するための2次元走査を行う2次元光走査装置とそれを用いた映像表示装置に関し、特に、ジンバル構造を有する光走査装置において走査歪みの少ない2次元走査装置及びこれを用いた映像表示装置に関するものである。

本出願人は、特開2001-174740号公報、特開2001-281583号公報等において光走査装置を提案している。特開2001-174740号公報に記載のものは、入射ビームと走査ビームの中心ビームとが略直線状になるようにして光走査装置を小型にするものであった。また、特開2001-281583号公報記載のものは、単一の2次元反射ミラーと偏心プリズムを組み合わせることで小型の光走査装置を構成するものであった。

SUMMARY OF THE INVENTION

本発明は、2次元光走査装置であって、以下を備える。

光源

被走査面上で、前記光源からの光束を2次元方向に走査する走査ユニット

非回転対称面を有する走査光学系

前記走査ユニットはジンバル構造を有し、

前記走査光学系は偏心プリズムを備え、

該偏心プリズムは以下を備える、

前記走査ユニットで走査された光束をプリズム内に入射させる入射面と、
前記入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する少なくとも1つの反射面と、

前記第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面、

前記入射面、前記反射面、前記射出面の少なくとも1面が非回転対称面からなる。

別の本発明は、映像表示装置であって、以下を備える。

光源

被走査面上で、前記光源からの光束を2次元方向に走査する走査ユニット

非回転対称面を有する走査光学系

前記被走査面近傍に配置された正のパワーを有する接眼光学系

前記走査ユニットはジンバル構造を有し、

前記走査光学系は偏心プリズムを備え、

該偏心プリズムは以下を備える、

前記走査ユニットで走査された光束をプリズム内に入射させる入射面と、
前記入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する少なくとも1つの反射面、前記第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面、

前記入射面、前記反射面、前記射出面の少なくとも1面が非回転対称面からなる。

Still other objects and advantages of the invention will in part be obvious and will in part be apparent from the specification.

The invention accordingly comprises the features of construction, combinations of elements, and arrangement of parts which will be exemplified in the construction hereinafter set forth, and the scope of the invention will be indicated in the claims.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図1はジンバル構造を有する2次元走査ミラーとそれによる2次元走査の様子を示す図である。

図2は図1のジンバル構造を有する2次元走査ミラーを用いた光走査装置の走査歪みを示す図である。

図3は本発明による映像表示装置の概念図である。

図4は本発明による立体像が観察可能な映像表示装置の概念図である。

図5は本発明における透過型拡散板の算術平均荒さ R_a と凹凸の平均間隔 S_m との関係を求めるための図である。

図6は透過型拡散板の拡散面での入射角と屈折角の関係を示す図である。

図7は本発明における反射型拡散板の算術平均荒さ R_a と凹凸の平均間隔 S_m との関係を求めるための図である。

図8は反射型拡散板の拡散面での入射角と反射角の関係を示す図である。

図9は本発明における拡散板の S_m/R_a と拡散半角との関係を示す図である。

図10は被走査面中心に対して偏心プリズムを斜め方向に配置する場合の2次元走査ミラーの走査方向を説明するための図である。

図11は本発明の実施例1の光学系の被走査面から光源に至る全体のY-Z断面内の光路図である。

図12は実施例1の光学系の主要部のY-Z断面内の光路図である。

図13は本発明の実施例2の光学系の被走査面から光源に至る全体のY-Z断面内の光路図である。

図14は実施例2の光学系の主要部のY-Z断面内の光路図である。

図15は本発明の実施例3の光学系の被走査面から光源に至る主要部のY-Z面への投影光路図である。

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

以下に、本発明において上記構成をとる理由と作用を説明する。

図1に、ジンバル構造を有する走査ユニットとそれによる2次元走査の様子を示す。走査ユニット1は、走査ミラー2、中間枠3、外枠4を備えている。走査ミラー2はx-x軸方向に延びる軸5で中間枠3に連結されている。そして、その中間枠3はx-x軸と直交するy-y軸方向に延びる軸6で固定の外枠4に連結されている。よって、走査ミラー2で反射した光は、軸5の周りでの走査ミラー2の揺動により水平走査(X方向走査)され、軸6の周りでの中間枠3と走査ミラー2の揺動により垂直走査(Y方向走査)されるようになっている。軸5、6周りでの揺動は電磁駆動方式、静電駆動方式、圧電素子駆動方式等の各種駆動方式が採用されている。また、その揺動は軸5、6の弾性変形での揺動でも、軸5、6周りでの自由回転での揺動でもよい。

図1に示すようなx-x軸とy-y軸の2つの軸を持ったジンバル構造を有する走査ユニット1は、近年のリソグラフィ技術の発達により、マイクロマシンの1つの応用例として開発されている。走査ミラー2は数mm角のものであり、この走査ミラー2に光束を反射させて2次元画像を走査表示することが可能である。

走査ミラー2で反射後の光束が光源と干渉しないように配置するためには、ハーフミラー等を使う方法か、走査ミラーに光束を斜入射させなければならない。ハーフミラーを使う方法は構造が複雑になるという問題がある。また、走査ミラー2に入射する光束と走査ミラー2に当たって反射して戻った光束がそれぞれハーフミラーを通過するために、合計2回ハーフミラーを通過することになる。その結果、光量が4分の1に減ってしまう問題がある。

そこで、入射方法としては、走査ミラー2に対して斜めに光束を入射させる構成をとることが好ましい。ただし、ジンバル構造の走査ミラーに斜めに光線を入射させると、走査された光束に歪みが発生してしまう問題がある。

すなわち、走査ミラー2の反射面に斜めに入射光ビーム7を入射させた場合、被走査面における反射光ビーム8のX方向及びY方向の位置は、x-x軸周りでの回転角 θ_x 、y-y軸周りでの回転角 θ_y に比例して定まるのではない。例え

ば図1に示すように、回転角 θ_y を固定していても、回転角 θ_x の値によってY方向位置が変化する走査線の歪み（ここでは円弧状の歪み）が生じる。このような走査線の歪みがあると、被走査面上での像は歪んでしまう。このような歪みを走査歪みと呼ぶ。

図2は、 $(\theta_x / \theta_{x\max}, \theta_y / \theta_{y\max})$ の値に対応する被走査面上におけるビーム位置を(X, Y)で示した図である。ここで、入射光ビーム7は入射角 45° で入射し、x-x軸周りでの回転角 θ_x がゼロのときに走査ミラー2の法線が入射光ビーム7とx-x軸を含む面内にある状態のときのものである。走査歪みがないときには、 $(1, 1) - (1, 0) - (1, -1) - (0, -1) - (-1, -1) - (-1, 0) - (-1, 1) - (0, 1) - (1, 1)$ を結んだ枠が長方形になる。ところが、図1のようなジンバル構造を有する走査ユニット1を用いた光走査装置では、図2に例示するような走査歪みが発生してしまう。図2は、走査ミラー2をX方向に $\pm 6^\circ$ 、Y方向 $\pm 8^\circ$ 振動させた場合の10mm離れた位置での光束の座標を表したものである。

図2に示すように、Z軸（光軸）上でも弓なりになる歪みと、全体に台形になる歪みと、さらに、一般的に糸巻き型になる歪みとが複合された状態で走査歪みが発生する。この複雑な走査歪みは、非回転対称面を用いることにより補正することが可能となる。

このような走査歪みを補正するために、本発明においては偏心プリズムを用いている。この偏心プリズムは、走査ユニット1で走査された光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する少なくとも1面の反射面と、それらの反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備えている。そして、その入射面、反射面、射出面の少なくとも1面が非回転対称面からなる。走査光学系にこのような偏心プリズムを用いることにより、上記のような複雑な走査歪みを補正することが可能となる。

このような少なくとも1面が非回転対称面からなる偏心プリズムを、走査光学系に用いる理由を説明する。レンズのような屈折光学素子は、その境界面に曲率

を付けることにより始めてパワーを持たせることができる。そのため、レンズの境界面で光線が屈折する際に、屈折光学素子の色分散特性による色収差の発生が避けられない。その結果、色収差を補正する目的で別の屈折光学素子が付加されるのが一般的である。

一方、ミラーやプリズム等のような反射光学素子は、その反射面にパワーを持たせても原理的に色収差の発生はない。よって、色収差を補正する目的だけのために別の光学素子を付加する必要はない。そのため、反射光学素子を用いた光学系は、屈折光学素子を用いた光学系に比べて、色収差補正の観点から光学素子の構成枚数の削減が可能である。

同時に、反射光学素子を用いた反射光学系は、光路を折り畳むことになるために、屈折光学系に比べて光学系自身を小さくすることが可能である。

ただし、反射面は屈折面に比して偏心誤差感度が高いため、組み立て調整に高い精度を要求される。しかし、反射光学素子の中でも、プリズムはそれぞれの面の相対的な位置関係が固定されている。そのため、プリズム単体として偏心を制御すればよく、必要以上の組み立て精度、調整工数が不要である。

さらに、プリズムは、屈折面である入射面と射出面、それと反射面を有しており、反射面しかもたないミラーに比べて、収差補正の自由度が大きい。特に、反射面に所望のパワーの大部分を分担させ、屈折面である入射面と射出面のパワーを小さくすることができる。これにより、ミラーに比べて収差補正の自由度を大きく保ったまま、レンズ等のような屈折光学素子に比べて、色収差の発生を非常に小さくすることが可能である。また、プリズム内部は空気よりも屈折率の高い透明体で満たされているために、空気に比べ光路長を長くとることができる。そのため、空気中に配置されるレンズやミラー等よりは、光学系の薄型化、小型化が可能である。

また、走査光学系は、中心性能はもちろんのこと周辺まで良好な結像性能を要求される。一般の共軸光学系の場合、軸外光線の光線高の符号は絞りの前後で反転する。この場合、光学素子の絞りに対する対称性が崩れることにより軸外収差は悪化する。そのため、絞りを挟んで屈折面を配置することで絞りに対する対称

性を十分満足させ、軸外収差の補正を行っているのが一般的である。

本発明では、走査ユニットで走査された光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する少なくとも1面の反射面と、その反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを有し、入射面、反射面、射出面の少なくとも1面が非回転対称面からなる偏心プリズムを用いることにより、前記のような複雑な走査歪みを補正することを可能にしている。

なお、非回転対称な曲面形状としては、限定的でないが、自由曲面を用いることが望ましい。自由曲面は、例えば米国特許第6, 124, 989号（特開2000-66105号公報）の（a）式により定義される自由曲面であり、その定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

この非回転対称面の少なくとも1面を透過面で構成することにより、上記のような走査歪みを補正することが可能となる。

また、その非回転対称面の少なくとも1面を反射面で構成することにより、走査歪みをより少なく補正することが可能となる。

また、反射面を2面以上備える場合は、その少なくとも2面を非回転対称面で構成することにより、走査歪みをさらに少なく補正することが可能となる。

そして、さらに好ましくは、このような走査光学系において用いる光源としては、LED（発光ダイオード）又はLD（レーザダイオード）などの発光素子がある。これらの発光素子を用いることにより光源部分を小型に構成することが可能になる。また、装置全体を小型に構成することが可能となる。また、このような光源を用いることにより色再現性が高まり、特に赤色が鮮やかになる。

また、光源として、R（赤）、G（緑）、B（青）の3色を含む光源を用いることにより、カラー化できることは言うまでもない。

さらに好ましくは、光源からの光束を正のパワーを有する光学素子によりコリメートして走査ミラーに入射させる。これにより、走査ミラー周辺の光学系の有効径が小さくなり、小型化に好ましい。

また好ましくは、走査光学系に用いる偏心プリズムとして、走査ユニットで走

査された光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第1反射面と、その第1反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第2反射面と、その第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、その入射面と第2反射面とを1面で兼用した偏心プリズムを用いる。

この偏心プリズムは、光束を射出する側（投影面側）と反対側に光束を折り曲げないために、走査ミラーに入射する光束と走査ミラーから反射する光束とのなす角度を小さくすることが可能となる。この結果、走査ミラーにより走査された光束の走査歪みの発生が少ないレイアウトをとることが可能となるので、走査歪みを補正するうえで好ましい。

また、走査光学系に用いる偏心プリズムとして、走査ユニットで走査された光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第1反射面と、その第1反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第2反射面と、その第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、その入射面から第1反射面へ向かう光束と第2反射面から射出面へ向かう光束とがプリズム内で交差する面配置の偏心プリズムを用いることもできる。

このような偏心プリズムを用いると、プリズム内のパワーを分散配置することが可能となる。また、走査されたスポットの収差量を少なくすることが可能となる。

また、走査光学系に用いる偏心プリズムとして、走査ユニットで走査された光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第1反射面と、その第1反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第2反射面と、その第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、その第1反射面と射出面とを1面で兼用した偏心プリズムを用いることもできる。

このような偏心プリズムを用いることは、投影面と走査ミラーとを結ぶ方向を薄型にする走査装置を構成することができるので好ましい。

また、本発明の映像表示装置は、以上のような本発明の２次元光走査装置において、走査光学系で形成された被走査面近傍に正のパワーを有する接眼光学系を配置している。この接眼光学系は、走査光学系の射出瞳の像（通常は虚像）を観察者の瞳近傍に投影するものである。

図３にこのような映像表示装置の概念図を示す。接眼光学系３０は走査光学系の射出瞳の像を観察者の眼球Ｅ位置近傍に投影する役割を有する。すなわち、この接眼光学系３０を、走査光学系２０による被走査面近傍に配置することで、走査光学系２０から射出した光束を接眼光学系３０により集光させ、観察者が像を観察することが可能となる。これにより、光源１０から射出した光束の大部分を観察者の眼球Ｅ近傍に集光することが可能となる。その結果、光源１０からの光を有効に観察に使用することが可能となり、少ない消費電力で明るい観察像を観察することが可能となる。なお、図３中、符号１１は光源１０からの光束をコリメートして走査ミラー２に入射させる照明光学系、４０は接眼光学系３０によって投影された２次元光走査装置の射出瞳の像である。また、接眼光学系３０位置に示したＸ方向は主走査方向、Ｙ方向は副走査方向を示す。なお、接眼光学系３０は、走査光学系２０の射出瞳を観察者側の所定の位置に投影するものである。この投影された位置に観察者が眼球Ｅを一致させることにより、結果として走査光学系の射出瞳が観察者の瞳に投影されたことになる。

そして、被走査面近傍に光拡散性を有する拡散面３１を配置することにより、観察者眼球Ｅで観察可能となる位置を広く設定することが可能となる。完全な散乱特性を有する拡散面は、見る位置からの照度ムラや観察する方向に制約を受けることがなくなり好ましい。しかしながら、省電力、小型化を重視する場合には、拡散角が狭い拡散板を用いるのが好ましい。このようにすると、光源１０からの光の使用効率を向上させることができる。この拡散としては、ホログラフィック光学素子（ＨＯＥ）を用いてもよい。

さらに好ましくは、拡散面３１による拡散角が、半値全幅で 20° 以下であることが好ましい。これ以上拡散角が大きいと、観察像が暗くなってしまう。

さらに好ましくは、拡散角は半値全幅で 10° 以上であることが好ましい。こ

のようになると、両眼で観察することが可能となり、見やすい像観察装置になる。

また、この場合拡散板は、光強度が $1/10$ になる全幅で、拡散角を 40° 以下になるようにすることが好ましい。これは、少なくとも 40° 以上に拡散する光線は観察者に届かないので、この条件を満足することにより、無駄な照明光のロスが減り、照明光の効率的利用につながる、この結果、装置、特に光源を小型で低出力のものを使うことが可能となる。また、拡散面の拡散特性としては、半値全幅から急に拡散光強度が低下することが好ましい。

また、拡散面 31 としては、少なくとも 2 面配置することが好ましい（例えば、光軸に沿って重ねて配置する）。拡散面 31 を 2 面以上に分けて配置することにより、同程度の拡散面の粗さでも、ざらつきを低減することが可能となる。

ここで、接眼光学系 30 は、通常の正レンズでもよいし、正パワーのフレネルレンズでも、反射鏡でも、フレネル反射鏡でもよい。これらのレンズ面、反射面は、回転対称面だけでなく、偏心したフレネルレンズ面、フレネル反射面、自由曲面、アナモルフィック面でも構成できる。また、これらの反射鏡は表面鏡でも裏面鏡でもよいが、フレネル反射鏡の場合、裏面鏡として構成し、その裏面鏡部分をフレネル反射鏡とすることが好ましい。

そして、このような接眼光学系 30 の少なくとも 1 面に、拡散作用をする拡散面 31 を一体に設けるようにすることもできる。また、フレネルレンズ、フレネル反射鏡で接眼光学系 30 を構成する場合に、そのフレネル面に拡散作用を分担させることも可能である。

本発明の映像表示装置は、接眼光学系 30 を左右共通とし、2 次元光走査装置を左右の眼用に別々に設けている。接眼光学系 30 は、左眼用の走査光学系 20 L の射出瞳を観察者の左眼 E L の瞳近傍に、右眼用の走査光学系 20 R の射出瞳を観察者の右眼 E R の瞳近傍に投影するように配置されている。このように、左右の眼用の光走査装置で左右別々の映像、例えば両眼視差のある映像を表示することにより、立体像が観察可能な映像表示装置になっている。図 4 にこのような立体像が観察可能な映像表示装置の概念図を示す。10 は左右眼用の

2次元光走査装置、11は照明光学系、2は走査ミラー、20は走査光学系である。また、2次元光走査装置の射出瞳の像40に左右の眼用を示す“L”、“R”を符号の後に付加して、それぞれ左右の眼用であることを示している。また、左右の眼球をそれぞれEL、ERで示している。

この立体像が観察可能な映像表示装置の場合は、左右の眼で観察する映像自体は同じである。ただし、各々の映像を見る時の角度が異なる。そのために、拡散角が大きくなってクロストークが生じると、立体像とは認識できず二重像として観察されてしまう。このようなことから、被走査面近傍に配置する拡散面31の拡散角は半値全幅で 8° 以下であることが好ましい。

また、この場合、光強度が $1/10$ になる全幅で拡散角が 12° 以下であることが好ましい。これは、少なくとも 12° 以上に拡散する光線は観察者に届かないので、上記条件を満足することが照明光の効率的利用につながる。また、拡散面の拡散特性としては、半値全幅の位置から急に拡散光強度が低下することが好ましい。

また、両眼で左右同一の映像が観察可能な映像表示装置の場合は、被走査面近傍に配置する拡散面31による拡散角を半値全幅で 20° 以下にすることが好ましい。

これ以上拡散角が大きいと、観察像が暗くなってしまう。視差のない同一の映像を観察する所謂2Dの観察像では、同じ映像を観察するために左右両眼で同時に観察できることが好ましい。

さらに拡散角は、半値全幅で 10° 以上であるのが好ましい。このようにすると、両眼で観察することが可能となり見やすい像観察装置になる。

また、この場合、光強度が $1/10$ になる全幅で拡散角を 40° 以下となるようにすることが好ましい。これは、少なくとも 40° 以上に拡散する光線は観察者に届かないので、上記条件を満足することが照明光の効率的利用につながる。また、拡散面の拡散特性としては、半値全幅から急に拡散光強度が低下することが好ましい。

次に、上記のような拡散角特性の拡散面31を持つ拡散板32の表面粗さにつ

いて説明する。

図5は拡散板32が透過型の場合である。透過型拡散板32から40cmの距離でφ63mmの大きさに光線を拡大しようとする、光線の拡散角は半値幅で4.5°の拡散角を持つことが必要になる。拡散板32表面の微細な凹凸で光線を屈折させる場合、その凹凸の形状をsin波形状と仮定し、拡散面の屈折率を1.5とする。すると、図6に示すように、入射角を θ 、屈折角を θ' とし、 $\theta' - \theta = 4.5^\circ$ とスネルの式から、入射角 θ は約8.86°の傾きを持つ必要があることが分かる。つまり、表面荒さの傾きの最大値は8.86°であることが必要である。ここで、面の形状は滑らかなsin波形状としていることから、その形状は、

$$y = a \times \sin(2\pi x/T)$$

で表される。ここで、 a は振幅、 T は周期である。そして、その傾きは、

$$(\text{傾き}) = dy/dx = a \times \cos(2\pi x/T) \times 2\pi/T$$

となる。傾きが最大になるのは、 $x = 2\pi m$ (m は整数) のときであるから、

$$(\text{傾きの最大値}) = a \times 2\pi/T$$

となり、これが8.86°になるときの a/T を求めればよいことになる。

$$(\text{傾きの最大値}) = a/T \times 2\pi = 8.86/180 \times \pi = 0.154$$

これから a/T を求めると、

$$a/T = 0.0246$$

となる。ここで、JIS B0601による算術平均荒さ R_a と a の関係は、形状が正弦波の場合は、

$$R_a/\sqrt{2} = a$$

となり、さらに凹凸の平均間隔 S_m と上記周期 T の関係は、

$$S_m = T$$

となる。これより、表面粗さに関しては以下の結果を得る。

$$S_m = 28.7 R_a$$

の場合、拡散面の最大傾斜は8.83°となり、屈折率1.5の場合、光線の拡散半角4.5°、拡散全角で9°の拡散板が得られる。

次に、図7は拡散板32が反射型の場合である。反射型拡散板32から40cmの距離でφ63mmの大きさに光線を拡大しようとする、光線の拡散角は半値幅で4.5°の拡散角を持つことが必要になる。拡散板32表面の微細な凹凸で光線を反射させる場合、その凹凸の形状をsin波形状と仮定すると、図8に示すように、入射角、反射角をθとし、2θ=4.5°から、入射角θは4.5°の半分の約2.25°の傾きを持つ必要があることが分かる。つまり、表面荒さの傾きの最大値は2.25°であることが必要である。ここで、面の形状は滑らかなsin波形状としていることから、その形状は、

$$y = a \times \sin(2\pi x / T)$$

で表される。そして、その傾きは、

$$(\text{傾き}) = dy / dx = a \times \cos(2\pi x / T) \times 2\pi / T$$

となる。傾きが最大になるのは、 $x = 2\pi m$ (mは整数) のときであるから、

$$(\text{傾きの最大値}) = a \times 2\pi / T$$

となり、これが2.25°になるときのa/Tを求めればよいことになる。

$$(\text{傾きの最大値}) = a / T \times 2\pi = 2.25 / 180 \times \pi = 0.03927$$

これからa/Tを求めると、

$$a / T = 0.00625$$

となる。ここで、JIS B0601による算術平均荒さRaとaの関係は、形状が正弦波の場合は、

$$Ra / \sqrt{2} = a$$

となり、さらに凹凸の平均間隔Smと上記周期Tの関係は、

$$Sm = T$$

となる。これより、表面粗さに関しては以下の結果を得る。

$$Sm = 113.14 Ra$$

の場合、拡散面の最大傾斜は2.25°となり、反射による拡散半角4.5°、拡散全角で9°の反射型拡散板32が得られる。

これを、2回透過型拡散板、裏面鏡型拡散板についても検討すると、 Sm / Ra と拡散半角との関係は、拡散面の凹凸面をsin波形状に近似できる場合は、

図9に示すようになる。

以上のような知見から、さらに好ましくは、本発明の拡散板32の拡散面31は、以下条件を満足するようなランダムな凹凸形状にするのがよい。これにより、広い射出瞳径で、ざらつき感のないクリアーで明るい観察像を得ることができる。

2次元像（平面像）観察装置の場合：

1回透過型の拡散板では、

$$5 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 70 \quad \dots (1)$$

2回透過型の拡散板では、

$$10 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 80 \quad \dots (2)$$

表面反射型の拡散板では、

$$50 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 200 \quad \dots (3)$$

裏面反射型の拡散板では、

$$80 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 250 \quad \dots (4)$$

立体像観察装置の場合：

1回透過型の拡散板では、

$$15 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 400 \quad \dots (5)$$

2回透過型の拡散板では、

$$25 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 500 \quad \dots (6)$$

表面反射型の拡散板では、

$$80 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 1000 \quad \dots (7)$$

裏面反射型の拡散板では、

$$150 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 2000 \quad \dots (8)$$

なる条件を満足することが好ましい。ここで、 S_m はJIS B0601による表面の凹凸の平均間隔（ μm ）、 R_a は表面の中心線平均粗さ（ μm ）、 E_p は拡散面から観察者の眼の位置までの距離（：アイポイント（mm））である。

上記条件式（1）～（8）の下限を下回ると、拡散角が小さくなりすぎ、広い瞳径を得るところが難しくなる。また、上限を上回ると、拡散しすぎてしまい観察

像が暗くなってしまう。

なお、接眼光学系にフレネルレンズを用いる場合には、拡散面の凹凸形状をランダムな配置にすることがより好ましい。凹凸形状に周期性があると、フレネルレンズのピッチと拡散面との間でモアレ縞が発生して観察像に重畳し、見にくい像となってしまう。

上記条件式(1)～(8)については、それぞれ以下のようにさらに限定することがより望ましい。

2次元像(平面像)観察装置の場合：

1回透過型の拡散板では、

$$10 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 40 \quad \dots (1-1)$$

2回透過型の拡散板では、

$$15 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 60 \quad \dots (2-1)$$

表面反射型の拡散板では、

$$70 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 150 \quad \dots (3-1)$$

裏面反射型の拡散板では、

$$100 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 200 \quad \dots (4-1)$$

立体像観察装置の場合：

1回透過型の拡散板では、

$$20 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 300 \quad \dots (5-1)$$

2回透過型の拡散板では、

$$30 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 400 \quad \dots (6-1)$$

表面反射型の拡散板では、

$$100 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 700 \quad \dots (7-1)$$

裏面反射型の拡散板では、

$$200 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 1000 \quad \dots (8-1)$$

さらに好ましくは、拡散板の拡散面の表面の凹凸の平均間隔 S_m は、

$$S_m < 200 \mu m \quad \dots (9)$$

なる条件を満足することが好ましい。この条件(9)を満足しない場合、すなわ

ち S_m が $200\text{ }\mu\text{m}$ 以上である場合について説明する。この場合、ひどいときは、観察者が眼を移動した時に、画面全体が細かく瞬くように見える。言い換えれば、シンチレーションが見えてしまう。また、そこまでひどくなくても、画像にクリア感がなくなる。これは、映像（観察する画像）が、例えば、すりガラスに投影された映像のようになる。その結果、鮮やかな映像を観察することができない。

さらに好ましくは、

$$S_m < 100\text{ }\mu\text{m} \quad \dots (9-1)$$

なる条件を満足することが好ましい。

さらに好ましくは、

$$S_m < 50\text{ }\mu\text{m} \quad \dots (9-2)$$

なる条件を満足することが望ましい。

さて、以上のような条件を満足する本発明の拡散板 32 としては、本出願人による特願 2001-370950 に開示されている。ここでは、拡散板の作製方法が開示されている。このような作製方法で作製された拡散板が使用可能である。その拡散板としては、以下のものがある。

(1) サンドブラスト法により製作する方法。基板に、粒径が制限された球形ビーズを吹き付ける。これにより、基板表面に、凹面群、あるいはその凹面群に相似的な凹面群、又は、これら凹面群に相補的な凸面群が形成される。そして、これらの凹面群はランダムな配置となるので、拡散面が形成されたことになる。このようにして、拡散板を作製することができる。

(2) (1) の作成方法において、複製を利用する方法。金属基板に球形ビーズを吹き付けて、ランダム配置の凹面群を形成する。この金属基板を型として用いて、ランダム配置の凸面群を透明基板に複製する。これにより、拡散板を作製する。

(3) (1) の作成方法において、転写を利用する方法。まず、金属基板上に加工層を形成する。この金属基板（加工層）に球形ビーズを吹き付けて、ランダム配置の凹面群を形成する。続いて、加工層に形成されたランダム配置の凹面群を

、金属基板表面に相似的に転写する。そして、この金属基板を型として用いて、ランダム配置の凸面群を透明基板に複製する。これにより、拡散板を作製する。

(4) 上記方法において、球形ビーズの粒径が0.01 mmから2 mmのガラスビーズを使用する。

(5) 上記方法において、球形ビーズを吹き付ける空気圧が0.5～3.0 kg/cm² である。

(6) 上記方法において、金属基板が真鍮である。

(7) 上記方法において、金属基板が球形ビーズより硬度の高い金属である。

(8) 上記方法において、金属基板の表面に形成された凹面群を透明基板に複製するにあたって、射出成形あるいはプレス成形を用いる。

(9) 基板上に樹脂の液滴を噴霧して付着させることにより、ランダム配置の凸面群を形成する。続いて、ランダム配置の凸面群を、基板側（基板表面）に相似的に転写する。又は、その凸面群に相補的な凹面群を、基板側（基板表面）に相似的に転写する。これにより、拡散板を作製する。

さらに、特開平9-127312号公報に記載されている拡散板を使うことができる。この拡散板は、透明基体の片面又は両面を粗面化して作製したものである。透明基体の片面又は両面を粗面化する方法としては、例えば以下の(1)～(4)の方法がある。

(1) エッチング処理する方法。この方法では、透明基体の片面又は両面をエッチング処理する。

(2) コーティングや印刷を用いる方法。この方法では、樹脂にフィラーを、透明基体の片面若しくは両面上に、単層又は多層に分けて設ける。これを実現するために、コーティングや印刷を用いる。また、必要に応じて、水や有機溶剤と共に分散した塗料又はインクを使用する。

(3) 静電粉体コーティングや粉体電着コーティングを用いる方法。この方法では、樹脂やフィラー単体、又はこの混合物からなる粉体を、透明基体の片面又は両面に設ける。これを実現するために、静電粉体コーティングや粉体電着コーテ

ィングを用いる。

(4) 押し出し成形や射出成形等によりフィルム化して成形する方法。この方法では、有機又は無機のフィラーを樹脂と共に、熱と圧力を加えることにより熔融する。そして、この熔融物を、押し出し成形や射出成形等によりフィルム化して成形する。この場合に、この拡散板のHAZE値(JISK7105)が、10～40の範囲にあることが好ましい。

また、特開2000-171618で作製した拡散板を使うこともできる。この拡散板を作製する方法は、基体上に直接又は他の層を介して結着層を積層する工程と、フィラーを加圧媒体によって結着層に埋め込む工程と、その工程で得た積層体に付着した余剰フィラーを除去する工程とを具備している。

また、本発明は、光源と、前記光源からの光束を2次元方向に走査する走査ユニットと、前記走査ユニットにより走査された光束の走査歪みを補正する作用を持つ非回転対称面を有する走査光学系とを備えた2次元光走査装置であって、前記走査光学系が少なくとも1面以上の反射面を備えた偏心プリズムからなるともに対称面を有し、前記走査光学系の光軸と被走査面の交差点を画面原点とした時に前記対称面が前記画面原点を略含むように前記走査光学系を配置し、1つの走査方向と前記対称面の方向が略一致するように前記走査光学系と前記走査ユニットを配置することもできる。

走査光学系の対称面に画面原点(画像中心)が含まれるようにすると、非回転的な走査歪みの発生方向を対称面の方向と一致させることが可能となり、偏心収差により前記像歪を補正することが可能となり、収差補正が容易になる。

ところで、被走査面の画面原点Oに立てた法線を中心として、走査光学系を角度 θ 回転して配置したとする。例えば、図10では偏心プリズム20の対称面をY方向と一致した状態から、反時計回りに角度 θ で回転させている。この場合、偏心プリズム20の対称面も、Y方向に対して反時計回りに角度 θ で回転される。そこで、これに合わせて、偏心プリズム20の光軸を回転軸として、走査ユニットを偏心プリズム20に対して角度 θ だけ回転する。この時の回転方向は、偏心プリズム20側から見て時計回りである。すなわち、偏心プリズム20に入射

する走査光束を、 $x-x$ 方向から $x'-x'$ 方向とすることにより、画面上で偏心プリズム20の回転前と同じX方向、Y方向に走査することができる。そして、このような回転配置をとることにより、1つの接眼光学系30に対して2つの2次元光走査装置を、画面原点Oに立てた法線を含む垂直方向の平面の両側に配置する構成に利用することができる。

例えば、図4に示すような立体像が観察可能な映像表示装置の配置にする場合には、同一形状の走査光学系20を2つ用意すればよくなる。この結果、左右の走査光学系20を異なる形状、例えば相互に面対称な形状に構成する場合に比べて、走査光学系20の製造コストを大幅に下げることが可能となる。この場合、当然2つの2次元光走査装置の光源各々は、別々の表示をするように映像信号で変調するようにすることも可能である。また、左右同一の表示を行うために、同じ映像信号で変調するようにすることも可能である。

なお、本発明において、走査光学系に負又は非常に弱い正のパワーを持たせることにより、走査ミラーの走査角度を少なくすることが可能となる。さらに好ましくは、負のパワーを持たせることが好ましい。なお、走査光学系に負のパワーを持たせる場合には、光源からの光束を走査ミラーに入射させる照明光学系は、集光性のものでなければならない。

以下に、本発明の2次元光走査装置及び映像表示装置に用いる光学系の実施例1～3について説明する。

実施例1～3の構成パラメータは後記するが、座標系は、被走査面33から走査光学系を構成する偏心プリズム20、走査ミラー2、照明光学系11を順に経て光源10に向う逆光線追跡で、図11に示すように、軸上主光線28を、被走査面33の中心Oを通り、光学系の瞳を形成する走査ミラー2中心を通り、光源10に至る光線で定義する。そして、逆光線追跡において、被走査面33の中心Oを偏心光学系の偏心光学面の原点として、軸上主光線28に沿う方向をZ軸方向とし、被走査面33から偏心プリズム20の被走査面33に面した面に向かう方向をZ軸正方向とし、図の面をY-Z平面とし、原点を通りY-Z平面に直交し、紙面の表から裏へ向かう方向をX軸正方向とし、X軸、Z軸と右手直交座標

系を構成する軸をY軸とする。

偏心面については、光学系の原点の中心Oからその面の面頂位置の偏心量（X軸方向、Y軸方向、Z軸方向をそれぞれX，Y，Z）と、その面の中心軸（自由曲面については、前記（a）式のZ軸、非球面については、後記（b）式のZ軸）のX軸、Y軸、Z軸それぞれを中心とする傾き角（それぞれ α ， β ， γ （°））とが与えられている。その場合、 α と β の正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、 γ の正はZ軸の正方向に対して時計回りを意味する。なお、面の中心軸の α ， β ， γ の回転のさせ方は、面の中心軸とそのXYZ直交座標系を、まずX軸の回りで反時計回りに α 回転させ、次に、その回転した面の中心軸を新たな座標系のY軸の回りで反時計回りに β 回転させると共に1度回転した座標系もY軸の回りで反時計回りに β 回転させ、次いで、その2度回転した面の中心軸を新たな座標系の新たな座標系のZ軸の回りで時計回りに γ 回転させるものである。

また、本発明で用いられる自由曲面の面の形状は、例えば米国特許第6，124，989号（特開2000-66105号公報）の（a）式により定義される自由曲面である。

また、非球面は、以下の定義式で与えられる回転対称非球面である。

$$Z = (y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K) y^2 / R^2\}^{1/2}] \\ + A y^4 + B y^6 + C y^8 + D y^{10} + \dots \quad \dots (b)$$

ただし、Zを光の進行方向を正とした光軸（軸上主光線）とし、yを光軸と垂直な方向にとる。ここで、Rは近軸曲率半径、Kは円錐定数、A、B、C、D、…はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。この定義式のZ軸が回転対称非球面の軸となる。

なお、データの記載されていない自由曲面に関する項は0である。屈折率については、d線（波長587.56 nm）に対するものを表記してある。長さの単位はmmである。

なお、実施例1～3において、被走査面33の大きさは162.56×121

、9.2 mmであり、開口数NAは0.002であり、また、走査ミラー2の回転角 θ_x 、 θ_y 、走査光学系を構成する偏心プリズムの焦点距離 F_x 、 F_y は次の通りである。

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
θ_x	± 4.95	± 5.93	± 4.99
θ_y	± 3.28	± 2.99	± 2.62
	実施例 1	実施例 2	実施例 3
F_x	-12.39	-19.92	12.90
F_y	-12.43	-7.64	14.56

次に、各実施例の光学系の構成を説明する。

実施例1の光学系を図11及び図12に示す。図11は被走査面33から光源10に至る全体のY-Z断面内の光路図、図12はその主要部のY-Z断面内の光路図である。本実施例では、走査光学系は偏心プリズム20で、被走査面33に面して配置されている。偏心プリズム20は、逆光線追跡の順に、射出面を構成する第1面21、入射面と第2反射面とを兼ねる第2面22、第1反射面を構成する第3面23を備えている。そして、偏心プリズム20の第2面22に面して走査ユニット1（図1）の走査ミラー2が配置されている。また、走査ミラー2の入射側（逆光線追跡では射出側）に、光源10側に凹面を向けた負メニスカスレンズ11aと両凸正レンズ11bの接合レンズからなる正パワーの照明光学系11が配置されている。また、照明光学系11の走査ミラー2とは反対側に光源10が配置されている。この光源10からの光束は、照明光学系11で略平行光束に変換されてから走査ミラー2に入射する。直交する2つの軸周りで回転する走査ミラー2で反射されて走査された光束は、偏心プリズム20の第2面22を経てプリズム内に入射する。プリズム内に入射した光束は第3面23で内部反射して、今度は第2面22で全反射し、その後第1面21を経てプリズム外に射出する。偏心プリズム20から射出した光束は、遠方に配置された被走査面33上に走査線を形成する。

この実施例の偏心プリズム20は、入射面と第2反射面とを兼ねているので、

走査ミラー 2 に入射する光束と走査ミラー 2 から反射する光束とのなす角度を小さくすることが可能となる。この結果、走査ミラー 2 により走査された光束の走査歪みの発生が少ないレイアウトをとることが可能である。

この例の場合、偏心プリズム 2 0 の第 1 面 2 1 は球面（凹面）から構成されている。また、第 2 面 2 2、第 3 面 2 3 は自由曲面から構成されており、第 2 面 2 2、第 3 面 2 3 は Y-Z 面内で偏心している。また、レンズ 1 1 a と 1 1 b は球面からなっている。

実施例 2 の光学系を図 1 3 及び図 1 4 に示す。図 1 3 は被走査面 3 3 から光源 1 0 に至る全体の Y-Z 断面内の光路図、図 1 4 はその主要部の Y-Z 断面内の光路図である。本実施例では、走査光学系は偏心プリズム 2 0 で、被走査面 3 3 に面して配置されている。偏心プリズム 2 0 は、逆光線追跡の順に、射出面を構成する第 1 面 2 1、入射面と第 2 反射面とを兼ねる第 2 面 2 2、第 1 反射面を構成する第 3 面 2 3 を備えている。そして、偏心プリズム 2 0 の第 2 面 2 2 に面して走査ユニット 1（図 1）の走査ミラー 2 が配置されている。そして、走査ミラー 2 の入射側（逆光線追跡では射出側）に、正パワーの照明光学系 1 1 として別の偏心プリズム 5 0 が配置されている。この偏心プリズム 5 0 は、逆光線追跡の順に、射出面と第 1 反射面とを兼ねる第 1 面 5 1、第 2 反射面を構成する第 2 面 5 2、入射面を構成する第 3 面 5 3 を備えている。そして、第 3 面 5 3 に面して光源 1 0 が配置されている。この光源 1 0 からの光束は、照明光学系 1 1 の偏心プリズム 5 0 の第 3 面 5 3 からプリズム内に入射し、第 1 面 5 1 で全反射し、第 2 面 5 2 で内部反射し、今度は第 1 面 5 1 を透過して略平行光束に変換されて走査ミラー 2 に入射する。直交する 2 つの軸周りで回転する走査ミラー 2 で反射されて走査された光束は、偏心プリズム 2 0 の第 2 面 2 2 を経てプリズム内に入射する。プリズム内に入射した光束は、第 3 面 2 3 で内部反射して、今度は第 2 面 2 2 で全反射し、その後第 1 面 2 1 を経てプリズム外に射出する。偏心プリズム 2 0 から射出した光束は、遠方に配置された被走査面 3 3 上に走査線を形成する。

この実施例の偏心プリズム 2 0 は、入射面が第 2 反射面を兼ねているので、走

査ミラー 2 に入射する光束と走査ミラー 2 から反射する光束とのなす角度を小さくすることが可能となる。また、同様に、偏心プリズム 5 0 は、射出面が第 1 反射面を兼ねているので、走査ミラー 2 に入射する光束と走査ミラー 2 から反射する光束とのなす角度を小さくすることが可能となる。、走査ミラー 2 により走査された光束の走査歪みの発生が少ないレイアウトをとることができる。

この例の場合、偏心プリズム 2 0 の第 1 面 2 1 は球面（凸面）から構成されており、また、第 2 面 2 2、第 3 面 2 3 は自由曲面から構成されており、第 2 面 2 2、第 3 面 2 3 は Y-Z 面内で偏心している。また、偏心プリズム 5 0 の第 3 面 5 3 は球面（凸面）から構成されている。また、第 1 面 5 1、第 2 面 5 2 は自由曲面から構成されている。

実施例 3 の光学系を図 1 5 に示す。図 1 5 は被走査面 3 3 から光源 1 0 に至る主要部の Y-Z 面への投影光路図をである。本実施例では、走査光学系は偏心プリズム 2 0 である。偏心プリズム 2 0 は、被走査面 3 3 に面して配置されている。偏心プリズム 2 0 は、逆光線追跡の順に、射出面を構成する第 1 面 2 1、第 2 反射面を構成する第 2 面 2 2、第 1 反射面を構成する第 3 面 2 3、入射面を構成する第 4 面 2 4、照明光学系の入射面を構成する第 5 面 2 5 を備えている。そして、偏心プリズム 2 0 の第 2 面 2 2 に面して元走査ユニット 1（図 1）の走査ミラー 2 が配置されている。そして、走査ミラー 2 の入射側（逆光線追跡では射出側）に、光源 1 0 側に平面を向けた凸平正レンズ 1 1 c からなる正パワーの照明光学系 1 1 が配置されている。また、照明光学系 1 1 の走査ミラー 2 とは反対側に光源 1 0 が配置されている。この光源 1 0 からの光束は、照明光学系 1 1 で略平行光束に変換されてから走査ミラー 2 に入射する。直交する 2 つの軸周りで回転する走査ミラー 2 で反射されて走査された光束は、偏心プリズム 2 0 の第 2 面 2 2 を経てプリズム内に入射し、第 3 面 2 3 で内部反射して、今度は第 2 面 2 2 で全反射し、その後第 1 面 2 1 を経てプリズム外に射出する。偏心プリズム 2 0 から射出した光束はし、遠方に配置された被走査面 3 3 上に走査線を形成する。

この実施例の偏心プリズム 2 0 は、第 4 面 2 4 から第 3 面 2 3 へ向かう光束と、第 2 面 2 2 から第 1 面 2 1 へ向かう光束とがプリズム内で交差する面配置とな

っている。その第1面2 1～第4面2 4は自由曲面から構成されており、第1面2 1～第4面2 4は対称面を持たないで3次元的に偏心している。また、凸平正レンズ1 1 cの凸面は非球面から構成されている。

以下に各実施例の数値データを示すが、以下の表中の“F F S”は自由曲面、“A S S”は非球面、“R E”は反射面をそれぞれ示す。また、“絞り面”は走査ミラー2の配置位置に、“像面”は光源1 0位置に相当する。

Example 1

Surface No.	Radius of curvature	Surface separation	Displacement and tilt	Refractive index	Abbe's No.
Object plane	∞				
1	-27.92		(1)	1.5163	64.1
2	F F S① (R E)		(2)	1.5163	64.1
3	F F S② (R E)		(3)	1.5163	64.1
4	F F S①		(2)		
5	∞ (Stop, R E)		(4)		
6	3.22		(5)	1.7518	31.2
7	1.57		(6)	1.5163	64.1
8	-4.16		(7)		
Image plane	∞		(8)		

F F S①

C_4 -1.1308×10^{-2} C_6 -5.0132×10^{-4}

F F S②

C_4 -1.8737×10^{-2} C_6 -8.9020×10^{-3}

Displacement and tilt(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 300.00

α	0.00	β	0.00	γ	0.00
Displacement and tilt(2)					
X	0.00	Y	0.00	Z	305.87
α	-65.15	β	0.00	γ	0.00
Displacement and tilt(3)					
X	0.00	Y	3.22	Z	308.61
α	-98.23	β	0.00	γ	0.00
Displacement and tilt(4)					
X	0.00	Y	-4.00	Z	311.72
α	-90.00	β	0.00	γ	0.00
Displacement and tilt(5)					
X	0.00	Y	0.60	Z	313.69
α	66.81	β	0.00	γ	0.00
Displacement and tilt(6)					
X	0.00	Y	1.52	Z	314.09
α	66.81	β	0.00	γ	0.00
Displacement and tilt(7)					
X	0.00	Y	3.35	Z	314.88
α	66.81	β	0.00	γ	0.00
Displacement and tilt(8)					
X	0.00	Y	7.95	Z	316.84
α	66.81	β	0.00	γ	0.00

Example 2

Surface No.	Radius of curvature	Surface separation	Displacement and tilt	Refractive index	Abbe's No.
Object plane	∞				

1	268.19	(1)	1.5163	64.1
2	F F S① (R E)	(2)	1.5163	64.1
3	F F S② (R E)	(3)	1.5163	64.1
4	F F S①	(2)		
5	∞ (Stop, R E)	(4)		
6	F F S③	(5)	1.5163	64.1
7	F F S④ (R E)	(6)	1.5163	64.1
8	F F S③ (R E)	(5)	1.5163	64.1
9	7.82	(7)		
Image plane	∞	(8)		

F F S①

$$C_4 -1.0549 \times 10^{-2} \quad C_6 -4.1489 \times 10^{-4}$$

F F S②

$$C_4 -1.8542 \times 10^{-2} \quad C_6 -2.0673 \times 10^{-2}$$

F F S③

$$C_4 9.5346 \times 10^{-3} \quad C_6 -9.5275 \times 10^{-4} \quad C_8 -1.1963 \times 10^{-3}$$

$$C_{10} -9.4802 \times 10^{-5}$$

F F S④

$$C_4 2.5428 \times 10^{-2} \quad C_6 1.5243 \times 10^{-2} \quad C_8 -6.3775 \times 10^{-4}$$

$$C_{10} -7.9996 \times 10^{-5}$$

Displacement and tilt(1)

$$X \quad 0.00 \quad Y \quad 0.00 \quad Z \quad 300.00$$

$$\alpha \quad 0.00 \quad \beta \quad 0.00 \quad \gamma \quad 0.00$$

Displacement and tilt(2)

$$X \quad 0.00 \quad Y \quad 0.00 \quad Z \quad 305.78$$

$$\alpha \quad -62.19 \quad \beta \quad 0.00 \quad \gamma \quad 0.00$$

Displacement and tilt(3)

X 0.00 Y 3.42 Z 308.11
 α -97.92 β 0.00 γ 0.00

Displacement and tilt(4)

X 0.00 Y -4.00 Z 310.08
 α -90.00 β 0.00 γ 0.00

Displacement and tilt(5)

X 0.00 Y 0.00 Z 316.47
 α -109.57 β 0.00 γ 0.00

Displacement and tilt(6)

X 0.00 Y 3.64 Z 311.99
 α -72.39 β 0.00 γ 0.00

Displacement and tilt(7)

X 0.00 Y 0.00 Z 320.08
 α -180.00 β 0.00 γ 0.00

Displacement and tilt(8)

X 0.00 Y 0.00 Z 325.08
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

Example 3

Surface No.	Radius of curvature	Surface separation	Displacement and tilt	Refractive index	Abbe's No.
Object plane	∞				
1	F F S①		(1)	1.5163	64.1
2	F F S② (R E)		(2)	1.5163	64.1
3	F F S③ (R E)		(3)	1.5163	64.1
4	F F S④		(4)		
5	∞ (Stop, R E)		(5)		

6	A S S ①	(6)	1.5163	64.1
7	∞	(7)		
Image plane	∞	(8)		

A S S ①

R	-5.16
K	0.0000
A	1.1267×10^{-3}
B	-1.2544×10^{-2}

F F S ①

C_4	-7.1515×10^{-2}	C_6	-1.4245×10^{-2}	C_8	7.9919×10^{-3}
C_{10}	2.0305×10^{-3}				

F F S ②

C_4	4.9459×10^{-3}	C_6	5.0516×10^{-2}	C_8	1.5603×10^{-3}
C_{10}	-4.1813×10^{-3}	C_{11}	-1.3847×10^{-4}	C_{13}	4.3619×10^{-4}
C_{15}	5.2999×10^{-4}				

F F S ③

C_4	-3.7641×10^{-4}	C_6	2.6864×10^{-2}	C_8	-1.2701×10^{-4}
C_{10}	-7.6401×10^{-4}	C_{11}	-2.5134×10^{-4}	C_{13}	5.3179×10^{-5}
C_{15}	-2.7318×10^{-5}				

F F S ④

C_4	-7.7505×10^{-2}	C_6	-2.6903×10^{-3}	C_8	-1.1335×10^{-3}
C_{10}	-1.0568×10^{-2}				

Displacement and tilt(1)

X	-150.00	Y	-45.12	Z	255.86
α	-10.00	β	30.00	γ	-67.56

Displacement and tilt(2)

X	-154.00	Y	-46.32	Z	262.68
---	---------	---	--------	---	--------

α -23.19 β 50.20 γ -58.91

Displacement and tilt(3)

X -148.80 Y -44.53 Z 261.36

α -115.16 β 68.57 γ 25.21

Displacement and tilt(4)

X -155.20 Y -46.90 Z 257.19

α -150.44 β 53.17 γ 56.53

Displacement and tilt(5)

X -158.40 Y -48.08 Z 255.10

α -124.51 β 13.16 γ 111.76

Displacement and tilt(6)

X -163.19 Y -39.69 Z 257.69

α -107.14 β -28.59 γ 114.27

Displacement and tilt(7)

X -164.15 Y -38.01 Z 258.21

α -107.14 β -28.59 γ 114.27

Displacement and tilt(8)

X -166.57 Y -33.76 Z 259.52

α -107.14 β -28.59 γ 114.27

以上の本発明の2次元光走査装置及び映像表示装置は例えば次のように構成することができる。

〔1〕 光源と、前記光源からの光束を2次元方向に走査するジンバル構造の走査ユニットと、前記走査ユニットにより走査された光束の走査歪みを補正する作用を持つ非回転対称面を有する走査光学系とを備えた2次元光走査装置であって、

前記走査光学系が、前記走査ミユニットで走査された光束をプリズム内に入射させる入射面と、前記入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射

する少なくとも1面の反射面と、前記反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、前記入射面、前記反射面、前記射出面の少なくとも1面が非回転対称面からなる偏心プリズムを備えていることを特徴とする2次元光走査装置。

〔2〕 前記光源として発光ダイオード又はレーザダイオードを用いることを特徴とする上記1記載の2次元光走査装置。

〔3〕 前記光源としてR、G、Bの3色以上を含む光源を用いることを特徴とする上記1又は2記載の2次元光走査装置。

〔4〕 前記光源からの光束が正のパワーを有する光学素子によりコリメートして前記走査ミラーに入射されることを特徴とする上記1から3の何れか1項記載の2次元光走査装置。

〔5〕 前記非回転対称面の少なくとも1面が透過面で構成されていることを特徴とする上記1から4の何れか1項記載の2次元光走査装置。

〔6〕 前記非回転対称面の少なくとも1面が反射面で構成されていることを特徴とする上記1から4の何れか1項記載の2次元光走査装置。

〔7〕 前記非回転対称面の少なくとも2面が反射面で構成されていることを特徴とする上記1から4の何れか1項記載の2次元光走査装置。

〔8〕 前記偏心プリズムが、前記走査ユニットで走査された光束をプリズム内に入射させる入射面と、前記入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第1反射面と、前記第1反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第2反射面と、前記第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、前記入射面と前記第2反射面とが1面で兼用されている偏心プリズムからなることを特徴とする上記1から7の何れか1項記載の2次元光走査装置。

〔9〕 前記偏心プリズムが、前記走査ユニットで走査された光束をプリズム内に入射させる入射面と、前記入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第1反射面と、前記第1反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第2反射面と、前記第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出す

る射出面とを備え、前記入射面から前記第 1 反射面へ向かう光束と前記第 2 反射面から前記射出面へ向かう光束とがプリズム内で交差する面配置の偏心プリズムからなることを特徴とする上記 1 から 7 の何れか 1 項記載の 2 次元光走査装置。

〔10〕 前記偏心プリズムが、前記走査ユニットで走査された光束をプリズム内に入射させる入射面と、前記入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第 1 反射面と、前記第 1 反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第 2 反射面と、前記第 2 反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、前記第 1 反射面と前記射出面とが 1 面で兼用されている偏心プリズムからなることを特徴とする上記 1 から 7 の何れか 1 項記載の 2 次元光走査装置。

〔11〕 光源と、前記光源からの光束を 2 次元方向に走査するジンバル構造の走査ユニットと、前記走査ユニットにより走査された光束の走査歪みを補正する作用を持つ非回転対称面を有する走査光学系と、前記走査光学系により形成された被走査面近傍に配置され前記走査光学系の射出瞳を観察者の瞳近傍に投影する正のパワーを有する接眼光学系とを備えた映像表示装置であって、

前記走査光学系が、前記走査ユニットで走査された光束をプリズム内に入射させる入射面と、前記入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する少なくとも 1 面の反射面と、前記反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、前記入射面、前記反射面、前記射出面の少なくとも 1 面が非回転対称面からなる偏心プリズムを備えていることを特徴とする映像表示装置。

〔12〕 前記被走査面近傍に光拡散性を有する拡散面が配置されていることを特徴とする上記 11 記載の映像表示装置。

〔13〕 拡散面が少なくとも 2 面配置されていることを特徴とする上記 12 記載の映像表示装置。

〔14〕 前記拡散面による拡散角が 20° 以下の半値全幅を持つことを特徴とする上記 12 又は 13 記載の映像表示装置。

〔15〕 前記拡散面による拡散角が、光強度で $1/10$ になる拡散角が全

幅で 40° 以下であることを特徴とする上記 12 から 14 の何れか 1 項記載の映像表示装置。

〔16〕 前記光源と走査ユニットと前記走査光学系とからなる 2 次元光走査装置が前記接眼光学系に対して左右一対設けられていることを特徴とする上記 12 記載の映像表示装置。

〔17〕 左右の前記 2 次元光走査装置により左右同一の映像が表示され、前記拡散面による拡散角が 20° 以下の半値全幅を持つことを特徴とする上記 16 記載の映像表示装置。

〔18〕 左右の前記 2 次元光走査装置により左右同一の映像が表示され、前記拡散面による拡散角が、光強度で $1/10$ になる拡散角が全幅で 40° 以下であることを特徴とする上記 16 又は 17 記載の映像表示装置。

〔19〕 左右の前記 2 次元光走査装置により左右異なる映像が表示され、前記拡散面による拡散角が 8° 以下の半値全幅を持つことを特徴とする上記 16 記載の映像表示装置。

〔20〕 左右の前記 2 次元光走査装置により左右異なる映像が表示され、前記拡散面による拡散角が、光強度で $1/10$ になる拡散角が全幅で 12° 以下であることを特徴とする上記 16 又は 19 記載の映像表示装置。

〔21〕 以下の条件を満足することを特徴とする上記 17 又は 18 記載の映像表示装置。

1 回透過型の拡散板では、

$$5 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 70 \quad \dots (1)$$

2 回透過型の拡散板では、

$$10 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 80 \quad \dots (2)$$

表面反射型の拡散板では、

$$50 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 200 \quad \dots (3)$$

裏面反射型の拡散板では、

$$80 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 250 \quad \dots (4)$$

ただし、 S_m は J I S B 0 6 0 1 による表面の凹凸の平均間隔 (μm)、 R_a

は表面の中心線平均粗さ (μm)、 E_p は拡散板の拡散面から観察者の眼の位置までの距離 (mm) である。

〔22〕 以下の条件を満足することを特徴とする上記19又は20記載の映像表示装置。

1回透過型の拡散板では、

$$15 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 400 \quad \dots (5)$$

2回透過型の拡散板では、

$$25 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 500 \quad \dots (6)$$

表面反射型の拡散板では、

$$80 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 1000 \quad \dots (7)$$

裏面反射型の拡散板では、

$$150 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 2000 \quad \dots (8)$$

ただし、 S_m は J I S B 0 6 0 1 による表面の凹凸の平均間隔 (μm)、 R_a は表面の中心線平均粗さ (μm)、 E_p は拡散板の拡散面から観察者の眼の位置までの距離 (mm) である。

〔23〕 以下の条件を満足することを特徴とする上記21又は22記載の映像表示装置。

$$S_m < 200 \mu\text{m} \quad \dots (9)$$

〔24〕 前記接眼光学系がフレネルレンズからなることを特徴とする上記11から23の何れか1項記載の映像表示装置。

〔25〕 前記接眼光学系がフレネル反射鏡からなることを特徴とする上記11から23の何れか1項記載の映像表示装置。

〔26〕 前記接眼光学系がフレネル裏面反射鏡からなることを特徴とする上記25記載の映像表示装置。

〔27〕 前記拡散面が前記接眼光学系の少なくとも1面に設けられていることを特徴とする上記12から26の何れか1項記載の映像表示装置。

以上の説明から明らかなように、本発明によると、ジンバル構造の走査ミラー

を用いて走査歪みの少ない小型の 2 次元光走査装置と映像表示装置を提供することができる。